

Лившиц А.В., Александров А.А., Серболина А.А. ¹

¹ Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКАЛОЧНЫХ МАШИН, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК И ДЕТАЛЕЙ

Аннотация. Закалочные агрегаты применяют, чтобы обеспечить равномерное охлаждение деталей, что в свою очередь позволяет уменьшать деформацию и коробление при термической обработке. Также применение закалочных устройств помогает осуществлять быстрое охлаждение определенных участков изделий и заготовок.

Закалочные устройства представляют собой комплексы, которые имеют в своих конструкциях определенные транспортно-погрузочные механизмы, осуществляющие перемещение обрабатываемых изделий в соответствии с заданной программой термообработки. Роль обслуживающего персонала сводится к погрузке загрузочного устройства и присмотром за процессом обработки.

Закалочные машины – это инновационное оборудование, которое находит широкое применение в различных отраслях промышленности. Они являются незаменимым инструментом для повышения прочности материалов и придания им необходимых характеристик. В данной статье мы рассмотрим, для каких целей можно использовать закалочные машины и какие преимущества они имеют.

Ключевые слова: термическая обработка, закалочные агрегаты, закалочные устройства, закалка, остаточные деформации, остаточные напряжения, коробление.

Livshits A.V., Aleksandrov A.A., Serbolina A.A. ¹

¹ Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

RESEARCH OF HARDENING MACHINES USED FOR HEAT TREATMENT OF BLANKETS AND PARTS

Abstract. Hardening units are used to ensure uniform cooling of parts, which in turn reduces deformation and warping during heat treatment. Also, the use of hardening devices helps to quickly cool certain areas of products and workpieces.

Hardening devices are complexes that have in their designs certain transport and loading mechanisms that move the processed products in accordance with a given heat treatment program. The role of the maintenance personnel is limited to loading the loading device and supervising the processing process.

Hardening machines are innovative equipment that is widely used in various industries. They are an indispensable tool for increasing the strength of materials and giving them the necessary characteristics. In this article, we will look at the purposes for which hardening machines can be used and what advantages they have.

Key words: heat treatment, hardening units, hardening devices, hardening, residual deformations, residual stresses, warping.

Введение

Термическая обработка представляет собой технологический процесс, при помощи которого осуществляется нагрев и охлаждение заготовок изделий. При этом меняются физические свойства материалов без изменения их химического состава.

Основные классы термообработки включают в себя:

1. Закалка – заготовка нагревается до высокой температуры, а затем быстро охлаждается, чтобы увеличить его твердость и прочность.

2. Отпуск – закаленное изделие нагревается до определенной температуры и затем медленно охлаждается, чтобы уменьшить внутреннее напряжение и повысить пластичность.

3. Старение - изделие нагревается до средней температуры и затем охлаждается, чтобы улучшить его прочность и устойчивость к коррозии.

4. Нормализация – заготовка нагревается до определенной температуры и затем охлаждается на воздухе, чтобы повысить его механические свойства и однородность структуры.

5. Изотермическая обработка – заготовка нагревается планомерно, и чтобы получить определенные качества, охлаждается при постоянной температуре.

6. Термообработка токами высокой частоты. При помощи воздействия электрического тока происходит индукционный нагрев заготовок. Если производить закалку при помощи этого метода можно повысить производительность, добиться максимальной автоматизации процесса, а также высокой точности регулирования обрабатываемого слоя изделия [3].

Каждый вид термообработки имеет свои особенности и применяется в зависимости от требуемых свойств материала.

Во время закалки используют различные средства охлаждения. Самые простые – это закалочные баки. Они различаются по конструкции и режиму работы.

Для улучшения качества и повышения свойств эффективности изготавливаемых изделий, а также для того чтобы понизить деформацию заготовок используются закалочные машины, устройства и прессы [4]. Такие агрегаты широко используются на заводах серийного производства для термической обработки тонких изделий больших размеров, а также для валов сложной формы.

Классификация закалочных машин (агрегатов):

1. Горизонтальные, для закалки труб и валов;
2. Вертикальные;
3. Специализированные, для закаливания деталей специальной формы;
4. Индукционные закалочные станки с ЧПУ;
5. Станки для закалки и отпуска проволоки и цепей.

Закалочные машины – это инновационное оборудование, которое находит массовое использование во всевозможных отраслях промышленности. Они представляют собой незаменимый инструмент для повышения прочности материалов и придания им необходимых характеристик. В данной статье мы рассмотрим, для каких целей можно использовать закалочные машины и какие преимущества они имеют.

Алгоритм работы автоматизированного закалочного устройства

Закалочные устройства представляют собой автоматические и механические комплексы, имеющие в конструкции транспортно – погрузочный механизм, который в свою очередь перемещает обрабатываемые заготовки, опираясь на существующую программу термообработки. При помощи таких устройств роль обслуживающего персонала сводится к загрузке и наблюдению за процессом термической обработки.

Автоматизированные агрегаты определяют свою структуру и состав определенной совокупностью операций термической и химико – термической обработки. В зависимости от спецификации производимых процессов термической обработки закалочные устройства могут включать в себя электрические печи сопротивления, закалочные или промывочные ванны, транспортные механизмы и т.п.

Производимые изделия располагают в загрузочное устройство, которое перемещается транспортным механизмом в печь. Изделия нагреваются согласно выбранному процессу термической обработки. После окончания нагрева, транспортный механизм перемещает загрузочное устройство в бак для закалки. После этого устройство для загрузки изделий достают из бака и перемещают на начальную позицию, чтобы начать процесс выгрузки готового изделия [5].

Примеры существующих автоматизированных закалочных устройств

Закалочное устройство на базе камерной печи СНО-7.12.7/10.

Предназначен для нагревания деталей и заготовок в окислительной среде (рис. 1), а также для закалки в масле с автоматической загрузкой и выгрузкой. Включает в себя камерную электропечь сопротивления СНО-7.12.7/10, бак для закаливания БЗМ-3 с масляной жидкостью и систему транспортировки, которая представляет собой механизированную тележку, движущуюся по рельсовым путям между конструктивными устройствами агрегата.

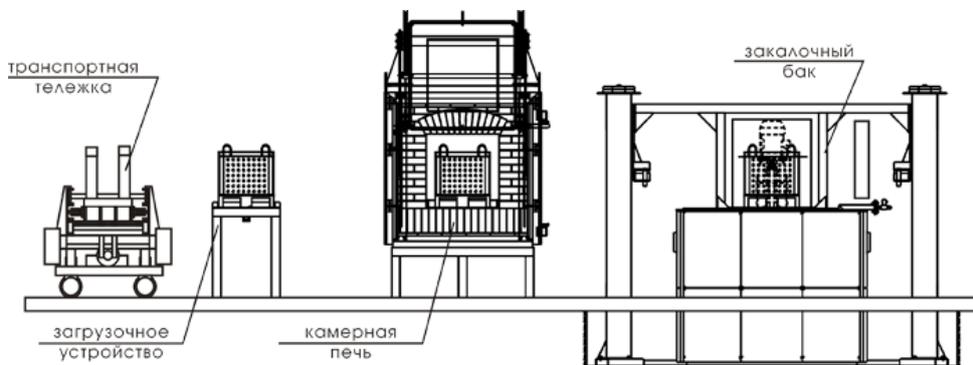


Рис. 1 – Закалочный агрегат на базе камерной печи СНО-7.12.7/10

Закально-отпускной агрегат СНО-3,5.5.2,5-2/10,5.

Представляет собой двухкамерную электрическую печь, которая оснащена закалочным баком. Агрегат (рис. 2) необходим для термической обработки изделий и инструментов в окисляемых средах. Камера, которая расположена снизу работает при температуре 1050°C, камера, которая расположена сверху – при температуре 600°C. После того как произвели нагрев в нижней закалочной камере детали помещают в воду или масло выдвигного закалочного бочка. Термическая обработка производится в одной печи, поэтому такой агрегат используют для мелкосерийных, индивидуальных и ремонтных производств [7].

Камеры, находящиеся в агрегате, не зависят друг от друга, и позволяют производить работы отдельно или совместно. В агрегате возможен нагрев под закалку, закалка в масле или воде и отпуск, чтобы снять напряжения в заготовках.

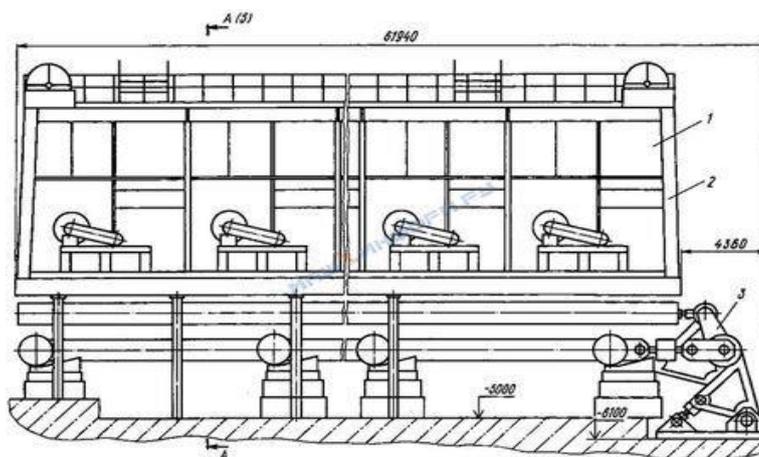


Рис. 2 - Закально-отпускной агрегат СНО-3,5.5.2,5-2/10,5

Устройство для термической обработки алюминия СГО-11.15.15/6,2.

Такое устройство (рис. 3) осуществляет основные виды термической обработки алюминиевых сплавов. Конструкция агрегата включает в себя камеру с центробежными вентиляторами, под-тележку с механизмами перемещения, закалочный бак, транспортную тележку, погрузочный механизм и систему управления устройством. Под-тележка совместно с механизмом перемещения, располагается в подовой раме, которая передвигается по рельсовым путям, установленным под агрегатом.

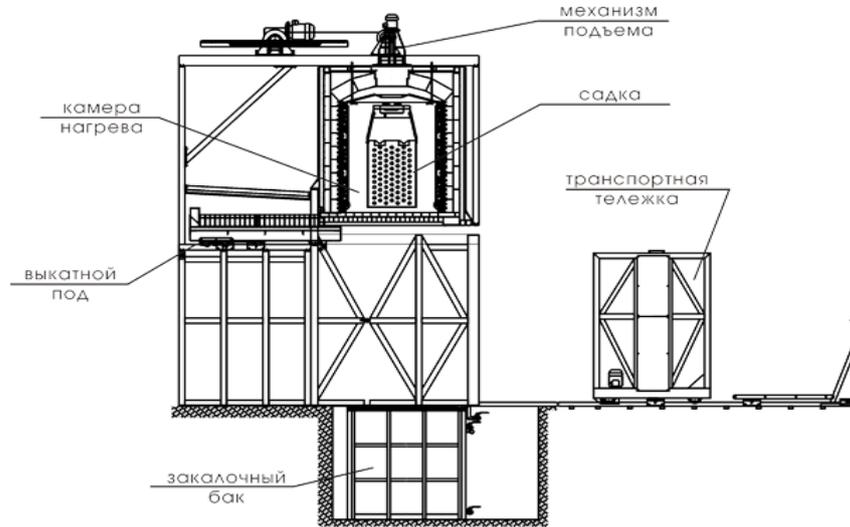


Рис. 3 - Устройство для термической обработки алюминия СГО-11.15.15/6,2

Автоматизированные комплексы для закалки тел вращения.

Данный закалочный агрегат состоит из установки индукционного нагрева и закалочной системы, при помощи которой можно вращать изделие, перемещать индуктор, а также подавать и откачивать закалочную жидкость [3]. Все технологические действия запрограммированы на пульте управления, который позволяет увидеть текущее состояние процесса термической обработки и значения параметров нагрева. Персонал может создавать до 100 программ управления в различном сочетании режимов и значений их параметров.

Автоматические индукционные закалочные установки (рис. 4).

Предназначены для термообработки деталей при крупносерийном производстве в автомобилестроении, станкостроении, судостроении, самолетостроении.

Индукционная поверхностная закалка применяется для получения высокой твердости поверхностного слоя изделия, при этом сохраняя в середине вязкость. Чтобы это получить необходимо производить быстрый нагрев детали на определенную глубину, которая зависит от частоты тока, индуцированного поверхностным слоем металла, с последующим охлаждением [6].



Рис. 4 - Автоматическая индукционная закалочная машина

На электротермическом агрегате (рис. 5) проводятся процессы термообработки изделий из алюминиевых сплавов. В его комплектации: электропечь элеваторная, имеющая два вентилятора, чтобы равномерно распределять тепло, механизм для движения садки, закалочный бак с водой, опорная рама, подвижное место загрузки-разгрузки и система управления машины.

Характеристиками существующего агрегата являются: максимальная температура печи – 600 °С; мощность нагревателей печи – 120 кВт; допустимый перепад температур в рабочем пространстве печи – $\pm 3^{\circ}\text{C}$. Перемещение изделий из печи в закалочный бак за минимум времени является отличительной особенностью данного устройства. Высокоточный температурный режим позволяет увеличить качество и количество изделий, которые проходят обработку.



Рис. 5 - Электротермический агрегат

Компания EBNER выпускает современные горизонтально-закалочные агрегаты, которые сконструированы из: передаточного и подающего роликового конвейера, печи с роликовым подом, камеры охлаждения с водой, которая в свою очередь состоит из секции охлаждения высокого напора с воздушно-тепловой завесой, секции охлаждения низкого напора, устройства обдува и устройства сушки изделий (рис. 6).

Термическая обработка, а точнее процесс закалки производится с помощью водной струи, которая направлена на поверхность движущейся плиты. Эффективность теплоотдачи при этом зависит от расхода воды, поступающей на поверхность охлаждения. Также в горизонтально – закалочном агрегате регулируется скорость движения плит и расход воды, для того чтобы равномерно закалить плиты различной толщины [7].



Рис. 6 – Горизонтально – закалочный агрегат

Современное оборудование для закалки от компании Otto Junker (рис. 7) производит закалку в различных закалочных жидкостях: холодная, горячая вода, водно – полимерные растворы. Такие агрегаты позволяют производить закалку с высочайшей точностью и производительностью. А также строго контролировать процесс термической обработки при помощи новейших систем управления. Эксперименты, которые проводились ФГУП "ВИАМ" для изучения остаточных напряжений, возникающих при охлаждении в данных закалочных жидкостях показали, что скорость охлаждения изделий при использовании водно – полимерного раствора на 1,5–4 раза ниже, чем при закалке в холодной воде. [9].



Рис. 7 - Общий вид вертикального закалочного агрегата Otto Junker

Установка сканирующей закалки УИ-600СЗ.



Рис. 8 – Установка сканирующей закалки УИ-600СЗ

Установка сканирующей закалки (рис. 8) предназначена для индукционной закалки цветных и черных металлов. Применяется там, где требуется быстрый бесконтактный нагрев и закалка металлов и других приводящих материалов. Максимальный диаметр заготовки установки составляет 300 мм, при скорости закалки от 1 до 120 мм/сек [13].

Заключение

В рамках проведённого литературного обзора были рассмотрены различные закалочные устройства, осуществляющие термическую обработку изделий.

Все вышеперечисленные агрегаты обеспечивают требуемые механические свойства деталей и заготовок, но ни один из описанных устройств не учитывает и соответственно не обеспечивает снижение остаточных напряжений, возникающих при закалке, которые при последующей обработке способны вызвать коробления и деформации, как заготовок, так и деталей.

Учитывая вышесказанное, видится целесообразным разработать закалочный комплекс, способный обеспечивать такие параметры термической обработки, формирующие требуемые механические, физические, химические свойства с минимальными термическими остаточными напряжениями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волков Н.П. Работа закалочных агрегатов и их роль в технологическом процессе. – СПб.: Издательство «Техника», 2012. – 200 с.
2. Лурье А.И. Физические основы теории остаточных напряжений. - М.: Наука, 1979.
3. Ю. М. Лахтин, А. Г. Рахштадт. Термическая обработка в машиностроении: Справочник / М.: Машиностроение, 1980. - 783с.
4. Степанов В.В. Остаточные напряжения и деформации в металлах. - М.: Металлургия, 1985.
5. Дмитриев А.В. Современные методы управления закалочными агрегатами. – М.: Издательство «Техно», 2011. – 180 с.
6. Красильников В.А. Остаточные напряжения в деталях машин. - М.: Машиностроение, 1984.
7. Альтгаузен А. П., Мирский Ю. А. Промышленные электропечи. Типизация и унификация. Информстандартэлектро, 1967.
8. Тарасов А.Г. Надежность закалочных агрегатов при длительной эксплуатации. – Казань: Издательство «Татар университет», 2005. – 150 с.
9. Исякаев К. Т. Эффективный способ снижения остаточных напряжений и короблей при закалке штамповок из алюминиевых сплавов / К. Т. Исякаев // Материаловедение и металлофизика легких сплавов: международная научная школа для молодежи. — Екатеринбург, 2010. — С. 152-154.
10. Шимчак, Л.К. Теплообработка стали: учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 2006. 480 с.
11. Лавриненко, С.А. Термическая обработка металлов: учебник для вузов. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. 464 с.
12. Гладких, А.Л. Технология термической обработки: учебник для вузов. – М.: ИНФРА-М, 2019. 368 с.
13. Шепеляковский К. З. Упрочнение деталей машин поверхностной закалкой при индукционном нагреве. М.: Машиностроение, 1972.
14. Самохоцкий А. И., Парфеновская Н. Г. Технология термической обработки металлов. М.: Машиностроение, 1976.
15. Абрамов В.В. Остаточные напряжения и деформации в металлах. – М.: Машиностроение, 1963.

REFERENCES

1. Volkov N.P. Operation of hardening units and their role in the technological process. – St. Petersburg: Publishing House “Tekhnika”, 2012. – 200 p.
2. Lurie A.I. Physical foundations of the theory of residual stresses. - M.: Nauka, 1979.
3. Yu. M. Lakhtin, A. G. Rakhstadt. Heat treatment in mechanical engineering: Directory / M.: Mechanical Engineering, 1980. - 783 p.
4. Stepanov V.V. Residual stresses and deformations in metals. - M.: Metallurgy, 1985.
5. Dmitriev A.V. Modern methods of controlling hardening units. – M.: Publishing house “Techno”, 2011. – 180 p.
6. Krasilnikov V.A. Residual stresses in machine parts. - M.: Mechanical Engineering, 1984.
7. Altgauzen A.P., Mirsky Yu.A. Industrial electric furnaces. Typification and unification. Informstandardelectro, 1967.
8. Tarasov A.G. Reliability of hardening units during long-term operation. – Kazan: Tatar University Publishing House, 2005. – 150 p.

9. Isyakaev K. T. An effective way to reduce residual stresses and warps when hardening stampings made of aluminum alloys / K. T. Isyakaev // Materials science and metal physics of light alloys: international scientific school for youth. - Ekaterinburg, 2010. - pp. 152-154.

10. Shimchak, L.K. Heat treatment of steel: a textbook for universities. – M.: Mashinostroenie, 2006. 480 p.

11. Lavrinenko, S.A. Heat treatment of metals: a textbook for universities. – M.: Publishing Center “Academy”, 2010. 464 p.

12. Gladkikh, A.L. Heat treatment technology: a textbook for universities. – M.: INFRA-M, 2019. 368 p.

13. Shepelyakovskiy K.Z. Hardening of machine parts by surface hardening during induction heating. M.: Mechanical Engineering, 1972.

14. Samokhotskiy A.I., Parfenovskaya N.G. Technology of thermal processing of metals. M.: Mechanical Engineering, 1976.

15. Abramov V.V. Residual stresses and deformations in metals. – M: Mechanical Engineering, 1963.

Информация об авторах

Лившиц Александр Валерьевич – профессор, д-р техн. наук, заведующий кафедрой «Автоматизация производственных процессов», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск e-mail:

Александров Андрей Алексеевич – доцент, к.т.н, доцент кафедры «Автоматизация производственных процессов», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск e-mail:

Серболina Александра Алиевна – магистр, техник I категории кафедры «Электроподвижной состав», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск e-mail: serbolina_aa@irgups.ru

Information about the authors

Livshits Alexander Valerievich – professor, doctor of technical sciences. Sciences, Head of the Department of Automation of Production Processes, Irkutsk State University of Transport, Irkutsk e-mail:

Alexandrov Andrey Alekseevich – associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automation of Production Processes, Irkutsk State University of Transport, Irkutsk e-mail:

Serbolina Alexandra Alievna master's degree, technician I category of the department of "Electric rolling stock", Irkutsk State Transport University, Irkutsk e-mail: serbolina_aa@irgups.ru